

## FATOR DE CORREÇÃO DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE

### Fcg

A correção da aceleração da gravidade local durante as medições só podem ser implementadas dentro do programa MDHidro. Nas Maletas, quando configuradas para as medições On-Line ou no processo de registro interno através do seu Data-Logger, somente se assumirá como valor fixo o valor da aceleração da gravidade média global do Planeta que é  $g = 9,80665$  que é o default do programa. Quando, dentro do programa MDHidro, após o down-load da maleta, temos duas possibilidades de utilização das formulas de velocidade fluídica. A primeira é utilizando a fórmula de Cristino, onde nela esta embutido a aceleração da gravidade local e o fator de descarga normal do tubo de Pitot Cole, cujo valor é 0,865 para 2,0 m/s. Assim sendo, a formula de Cristino utilizada quando selecionada é;  
 $V_c = 3,83081(dP/1000)^{1/2}$ . A segunda opção é a utilização da fórmula geral de velocidade, ou formula gravitacional, oriunda da equação de Bernoulli, ou seja,

$$V_c = K_{pc} \cdot (2g \cdot dP)^{1/2}$$

Onde:  $K_{pc}$  é o coeficiente de descarga do tubo de Pitot Cole.

Valores de coeficiente de descarga de outros tipos de tubos de Pitot:

Pitot Simplex ----- $K_{pc} = 0,795$

Pitot Cole -----  $K_{pc} = 0,865$

Pitot de Prandtl -----  $K_{pc} = 1,000$  (faixa de velocidade desconhecida)

Normalmente o coeficiente de descarga é determinado numa velocidade central,  $V_c$ , igual a mais ou menos 1,5 a 2,0 m/s. A rangeabilidade dos tubos de Pitot, normalmente esta na faixa de 3:1. Dentro dessa variação de velocidade o coeficiente de descarga fica dentro do limite de tolerância de erro admitido pela Empresas. Na formula de velocidade gravitacional, quando selecionada, é recomendável entrar com o valor da aceleração da gravidade local. Quando não se conhece o seu valor, o que mais acontece é que pega se o valor da aceleração de uma referencia mais próxima, como por exemplo, Aeroporto, Universidade, Centro de Pesquisa, etc. Ainda, se não sabe-se ou conhece o valor da aceleração local, o programa assumirá um valor default que é a aceleração média global. O erro no valor de uma aceleração sendo discrepante em relação ao valor default, não impactará mais que 0,23% na vazão, na maioria das capitais brasileiras. Sabemos que a aceleração varia de local para local numa relação praticamente direta com a altitude em relação ao nível do mar, assim como, varia também com a longitude, latitude e, com a rotação da terra. A latitude e a longitude são coordenadas verticais e horizontais respectivamente. Como informação, a linha do Equador esta cortando o Brasil ao norte numa horizontal, passando muito próximo à cidade de Belém no estado do Para. Por outro lado, essa mesma cidade esta situada a 48° a esquerda do meridiano de Greenwich que é o eixo ou coordenada vertical. Belo Horizonte, como referência esta a 20° abaixo da linha do Equador e a 45° a

esquerda do meridiano de Greenwich. A rotação da terra, também causa uma pequenina parcela de influencia na aceleração da gravidade. Sua influência é zero nos pólos aumentando muito sutilmente quando dele nos afastamos. Dai, podemos dizer que são quatro as variáveis que modificam ou interferem na aceleração da gravidade local: altitude, latitude, longitude, e a rotação da Terra. Todavia, a maior influencia na aceleração da gravidade é a altitude em relação ao nível do mar.

Em Belo Horizonte, no bairro Jardim América, onde nos localizamos, numa altitude de 923,5 metros tem uma aceleração da gravidade local de  $g = 9,78363 \text{ m/s}^2$ .

Todo e qualquer fluido se comporta como um corpo Newtoniano, tendo densidade. Massa e volume, estando, portanto, sujeito as leis da física. Observando a segunda lei de Newton, a equação de Euler, ou mesmo a equação de Bernoulli, encontramos em todas elas o termo, aceleração da gravidade como membro da equação.

Tomando por base a equação de Bernoulli, temos:

$$V_1^2/2g + P_1/\gamma + Z_1 = V_2^2/2g + P_2/\gamma + Z_2 = \text{Konst.}$$

Aplicando essa equação geral ao tubo de Pitot, encontramos que  $V \text{ ler } (2gdP)^{1/2}$ .

O termo  $dP$  é a diferença de pressão entre os Tips do tubo de Pitot Cole.

Observando a equação geral de Euler, temos:

$$dP/\gamma + Vdv + gdz = 0,$$

dividindo os termos dessa equação por  $g$  vem,  $dP/\gamma + Vdv/g + dz = 0$

Integrando a equação, retornamos ao primeiro termo da equação de Bernoulli, ou seja,  $P/\gamma + V^2/2g + Z = \text{Konst.}$

Pode-se chegar de uma maneira muito simples a equação original considerando-se as energias envolvidas num determinado volume de fluido contido numa represa que utiliza esse volume para geração de energia. Nesse caso, tem-se no pé da represa, entrada da turbina as seguintes expressões de energia:

Energia devido a pressão;  $P.V$

Energia devido a velocidade;  $\frac{1}{2}. m . v^2$

Energia devido a gravidade e a massa de água;  $m.g.H$

$$P.V + \frac{1}{2}. m . v^2 + m.g.H = \text{konst}$$

$V = m/\gamma$  e  $\gamma = \rho g$  dividindo a equação acima por  $mg$

$P. m/\gamma + \frac{1}{2}. m . v^2 + m.g.H = \text{konst}$  - dividindo a equação acima por  $mg$ , vem

$$P.m/\rho mg + v^2/2g + H = \text{konst} \text{ ou } P/\rho g + v^2/2g + H = \text{konst} \text{ ou}$$

$P/\gamma + v^2/2g + H = \text{konst}$  que é a equação original. c.q.d.

Dessa forma, acredita-se ter chegado a conclusão do da aceleração da gravidade como um agente ou termo usado quando se usa o tubo de Pitot como elemento primário de vazão em um sistema de medição.

Existem técnicos, estudiosos e até professores que são negligentes ao uso da correção da aceleração da gravidade numa medição, preferindo sempre usar o valor de  $g = 9,81 \text{ m}^2/\text{s}$  com uma constante. Todavia, a aceleração da gravidade, mesmo ao nível do mar é diferente de capital para capital, acentuando-se bem mais com a altitude. Como exemplo, a diferença da aceleração da gravidade de Belo Horizonte em relação ao nível do mar no Rio de Janeiro, causa um erro de 0,05% na vazão, enquanto que esse mesmo erro chega a 0,23% em relação a aceleração média global do Planeta que é 9,80665.

Diante desses fatos demonstrados, corrigir ou não corrigir a aceleração da gravidade local numa medição é uma particularidade de cada técnico. Apesar do pequeno impacto na vazão quando da não correção, nós da Lamon julgamos ser pertinente a correção, até porque ela esta bem facilitada dentro do aplicativo do programa MDHidro.

Aceleração media global do Planeta Terra =  $9,80665 \text{ m/s}^2$

Aceleração da gravidade no Rio de Janeiro =  $9,7876 \text{ m/s}^2$

Aceleração da gravidade em São Paulo =  $9,7885 \text{ m/s}^2$

Aceleração da gravidade em Belo Horizonte =  $9,78363 \text{ m/s}^2$

Artigo desenvolvido p/ G. Lamon dez. 2004

Revisado e editado em fevereiro de 2013